

Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nitrogéntartalmára, néhány élettani jellemzőjére és hozamára

SIMON LÁSZLÓ és SZENTE KÁLMÁN

Gödöllői Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Mezőgazdasági
Tanszék, Nyíregyháza, és Gödöllői Agrártudományi Egyetem Növénytani és
Növényélettani Tanszék, Gödöllő

Bevezetés

A szennyvizek tisztítása során keletkezett szennyvíziszapok ártalommentes elhelyezése világszerte, így hazánkban is, megoldásra váró környezetvédelmi feladat (GARDNER, 1998; VERMES, 1998). A szennyvíziszapok deponálása, elégetése, területfeltöltésre történő hasznosítása, más anyagba történő beépítése, tengerbe történő ömlesztése nem jelenthet végleges megoldást, illetve veszélyezteti a bioszférát. Jelenlegi ismereteink alapján a szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosítása tűnik a legkörnyezetkímélőbb megoldásnak. A komposztálás a szennyvíziszap-kezelés ígéretes, környezetkímélő módja, amely során könnyen kezelhető humusz-szerű anyag keletkezik, melynek szerves anyaga biológiailag stabil. A szennyvíziszap komposzt megjelenése kedvezőbb, kevésbé kellemetlen szagú és kevesebb patogén mikroorganizmust tartalmaz, mint a kiindulási szennyvíziszap (SIMON, 1996). A szennyvíziszapok és szennyvíziszap komposztok a növények által közvetlenül felhasználható tápanyagokban (elsősorban nitrogénben és foszforban, valamint kalciumban, magnéziumban és nyomelemekben), humuszképző, talajjavító, talajtermékenység-növelő anyagokban gazdagok. A települési szennyvíziszapok jelentős mennyiségű szerves anyagot foglalnak magukban, melyek aránya a szárazanyagban elérheti az 50 %-ot is (VERMES, 1998). Szennyvíziszap kijuttatás hatására nő a termőtalajok szervesanyag-tartalma, humusztartalma megemelkedik (SIMON, 1997), javul a talaj termékenysége, tápanyagszolgáltató képessége és mikrobiológiai aktivitása (VERMES, 1998). A szennyvíziszapok kijuttatása azonban nemcsak előnyökkel jár, hiszen számos nemkívánatos anyagot, elsősorban nehézfémeket és szerves mikroszennyezőket juttatunk vissza a talajba. A nehézfémek közül több a nem kívánt mértékben felhalmozódhat a talajban, ezért nem minden szennyvíziszap használható fel a mezőgazdaságban (JUSTE & MENCH, 1992). A szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosítása a legtöbb országban közvetlen emberi fogyasztásra nem kerülő, illetve ipari növénykultúrák (pl. gabonafélék,

kukorica, napraforgó, cukorrépa, fűfélék) esetén engedélyezett (SZENNYVIZEK ÉS, 1990; VERMES, 1998).

Az 1994–1997 közötti időszakban tenyészedény- és szabadföldi kísérletekben vizsgáltuk a nyíregyházi kommunális szennyvíziszap komposztjának a mezőgazdasági növényekre (cikória, tavaszi búza, tavaszi árpa, kukorica) gyakorolt hatását (SIMON et al., 1994; SIMON, 1996; SIMON et al., 1996, 1997). A kukorica tesztnövényre vonatkozó szabadföldi eredményeinket két közleményben közöljük. Jelen közleményben a tesztnövény N-tartalmára és néhány élettani jellemzőjére, valamint szárazanyag-akkumulációjára és -hozamára, a másodikban pedig nehézfém-akkumulációjára vonatkozó eredményeinket ismertetjük.

Irodalmi áttekintés

A települési szennyvíziszapok általában 5 %-nyi nitrogént és foszfort tartalmaznak, káliumban azonban viszonylag szegények (VERMES, 1998). A szennyvíziszapokban és szennyvíziszap komposztokban található nitrogén szerves és szervetlen formában egyaránt jelen lehet, mely előnyösen hat a növények fejlődésére, mivel azok a szennyvíziszapokból jelentős mennyiségű nitrogén felvételére képesek (JUSTE & MENCH, 1992; WEN et al., 1995; BERNAL et al., 1998; CARTRON & WEIL, 1998). A szervetlen formában lévő nitrogén hatása megegyezik a kereskedelembe kapható műtrágyák hatásával. A szerves nitrogént először a talaj mikroorganizmusainak le kell bontaniuk, ezért ez csak lassan, fokozatosan tárul fel a növények számára. A nitrogén jelentős része a szennyvíziszap szerves anyagához kötött formában van jelen, és ennek feltáródása 1–3 évnél hosszabb ideig is eltarthat (VERMES, 1998; CARTRON & WEIL, 1998).

TACHIMOTO (1995) megfigyelései szerint a hagyományos módon kezelt szennyvíziszapokban gyorsan és lassan feltáródó nitrogén található, míg a szennyvíziszap komposzt kizárólag lassan mineralizálódó nitrogént tartalmaz, mely üvegházi, tenyészedény-kísérletben a komatsuna (Japánban közkedvelt salátanövény) csírázására és szárazanyaghozamára előnyösebben hatott. BERNAL és munkatársai (1998) meszes, iszapos vályogtalajjal végzett tenyészedény-kísérleteiben az éretlen szennyvíziszap komposztban lévő nitrogén a talajrészecskékhez kötődött (immobilizálódott), így az angolperje tesztnövényben átmeneti N-hiány alakult ki. Ezzel szemben az érett szennyvíziszap komposzt nitrát-nitrogént és fokozatosan mineralizálódó nitrogént egyaránt tartalmazott, tehát a növények számára az egész tenyészidő alatt egyenletes N-ellátást nyújtott. CARTRON és WEIL (1998) kétéves – mésszel stabilizált rothasztott szennyvíziszappal végzett – szabadföldi kísérleteik alapján megállapították, hogy a szennyvíziszapban lévő nitrogén hasznosulása függ a kijuttatás módjától. A talajfelszínre kijuttatott szennyvíziszapból több nitrát-N mosódott ki a mélyebb rétegekbe és a kukorica kevesebb nitrogént vett fel, mint a talajba injektált szennyvíziszapból.

Üvegházi tenyészedényes előkísérleteinkben megállapítottuk, hogy vályogos homok jellegű, gyengén savanyú barna erdőtalajhoz 5 %, 10 %, illetve 25 %-os mennyiségben hozzákevert nyíregyházi kommunális szennyvíziszap komposzt a dózistól és növényfajtól függően 2–4-szeresére növelte a tavaszi búza, tavaszi árpa és a kukorica N-felvételét és leveleinek klorofill-koncentrációját (SIMON, 1994, 1995, 1996; SIMON et al., 1996). A nettó fotoszintézis mértéke 2,6–3,0-szorosára nőtt a búza leveleiben, 3,4–4,0-szeresére az árpában és 0,4–0,8-szorosára a kukoricában. A tavaszi búza transzspirációja a kezelés hatására háromnegyedére-felére csökkent, a kukoricáé nem változott meg, a tavaszi árpáé pedig a kijuttatott szennyvíziszap komposzt mennyiségének függvényében emelkedett vagy csökkent (SIMON, 1995; SIMON et al., 1996). A vízhasznosítás hatásfoka valamennyi növényfaj esetén jelentősen javult. A kijuttatott szennyvíziszap komposzt mennyiségek jelentősen megnövelték a tavaszi búza (13–55 %), a tavaszi árpa (46–68 %) és a kukorica (9–41 %) szárazanyag-akkumulációját és zöldtömegét (SIMON, 1996; SIMON et al., 1996). Megállapítottuk azonban, hogy a fenti pozitív hatás elsősorban a szennyvíziszap komposzt kis dózisa esetén jelentkezett, és a szár- és levéltömeg növekedésében nyilvánult meg. A szennyvíziszap komposzt már kis mennyiségben is csökkentette a búza és a kukorica gyökértömegét, illetve az árpa kalászaiknak tömegét (SIMON, 1996).

A szennyvíziszap komposzt kitűnő N-forrásnak bizonyult a cikória számára is, a jó N-ellátottság pedig előnyösen hatott a levelek klorofilltartalmára, mely 36–69 %-kal megemelkedett (SIMON, 1994).

HERNANDES és munkatársai (1991) tenyészedény-kísérletben mészből gazdag, szerves anyagban szegény, agyagos vályogtalajhoz aerob, illetve anaerob módon rothasztott szennyvíziszapot kevertek oly mértékben, hogy a talaj oxidálható széntartalma 1,5 %-ra emelkedjék. Hat hónapos inkubálás után kukoricát ültettek a fenti közegbe, majd 2 hónapos korban mérték a növények szárazanyaghozamát, mely több mint kétszeresére emelkedett mindkét kezelés hatására.

HATALYÁK és SZALAI (1994) négy éven át 500–12000 m³/ha rothasztott (nem víztelenített) települési szennyvíziszapot dolgoztak be gyengén savanyú kémhatású homokos Ramann-féle barna erdőtalajba. A szabadföldi kísérletben tíz éven át utóhatás-vizsgálatokat végeztek és megállapították, hogy az őszi búza és kukorica jelzőnövények 6000 m³/ha szennyvíziszap-terhelésig szignifikáns termésszint-növekedéssel reagáltak a korábbi kezelésekre. PAP és PAPNÉ KRÁNITZ (1997) tenyészedény-kísérleteikben bizonyították, hogy a kijuttatott (19–21 % szárazanyag-tartalmú) települési szennyvíziszap-mennyiségekkel (10–400 m³/ha) arányosan nőtt a betakarított termés mennyisége, mely a legnagyobb dózis hatására a kontrollhoz képest megduplázódott. Tíz éven át tartó, homokos vályogtalajba történő nagydózisú (összesen 870 t szárazanyag/ha) települési szennyvíziszap-kijuttatás utóhatás-vizsgálatai során BERTI és JACOBS (1996) maghozam-ingadozásról (néhány esetben maghozam-csökkenésről) számoltak be kukorica és más tesztnövények esetén. A kijuttatott szennyvíziszap

viszonylag alacsony nehézfém-tartalma esetén a kukorica maghozama 6,1 t/ha-ról 7,7 t/ha-ra nőtt, magas nehézfém-tartalom esetén pedig nem változott meg. ABDEL-SABOUR (1997) egyiptomi öntözött, humuszban szegény homoktalajba juttatott ki szennyvíziszap komposztot, és hatását szabadföldi kísérletben vizsgálta. Megállapította, hogy a szennyvíziszap komposzt dózistól függően 31–208 %-kal megnövelte a kukorica maghozamát.

Kísérleti anyag és módszer

Szennyvíziszap komposzt és talajvizsgálatok

A búzaszalmával készült szennyvíziszap komposzt a „Nyírségvíz” Rt. I. számú, Westsik Vilmos úti telepéről (Nyíregyháza) származott. A szennyvíztisztítás nagyterhelésű eleveniszapos technológiával történik, a keletkező nyers- és főliszap keverékét hidegrothasztó medencében stabilizálják. A stabilizált, átlagosan 8 % szárazanyag-tartalmú szennyvíziszapot betonmedencékben keverik össze a búzaszalmával. A 15 % szárazanyag-tartalmú szennyvíziszap-szalma elegyet alaposan átforgatják, majd pihentetés után prizmákban 20–25 hétig érlelik. A prizmákat havonta egyszer átforgatják, szükség esetén szennyvízzel nedvesítik, és mésszel kezelik. Az elkészült szennyvíziszap komposztot a késztermék tárolóba szállítják át az értékesítésig, szárazanyag-tartalma átlagosan 50–55 %.

A mintavétel során 1996-ban botfúróval 3 átlagmintát vettünk abból a prizmából, ahonnan a kísérletekben felhasznált nagyobb mennyiségű szennyvíziszap komposzt is származott. 10–10 leszúrásból kevertük össze a 0–60 cm-es mélységből vett 1–1 kg össztömegű átlagmintákat. A szennyvíziszap komposzt az 1996-os mintavétel idején kb. 3 éves volt, az 1997-es kísérlethez felhasznált szennyvíziszap komposzt ugyanebből a prizmából származott.

A kísérleti parcellák talajának vizsgálatához botfúróval 10–10 leszúrásból 1–1 kg össztömegű 2–2 párhuzamos mintát vettünk 0–20 cm-es mélységből valamennyi parcella átlós bejárásával. A mintavétel mindkét évben a kísérlet indításakor, a szennyvíziszap komposzt talajba dolgozása előtt történt. 1997-ben a talajmintavételt 1 héttel a szennyvíziszap komposzt kijuttatás után is elvégeztük. A szennyvíziszap komposzt- és talajmintákat légszáraz állapot eléréséig szárítottuk, majd megdaráltuk illetve átszitáltuk (< 1 mm) a fizikai és kémiai vizsgálatokat megelőzően. A szennyvíziszap komposzt és talajminták néhány alaptulajdonságának (pH, hidrolitos aciditás, összes só-tartalom, térfogattömeg, izzítási veszteség, szervesanyag-tartalom és humusz %, szerves oldószer extrakt koncentráció, leiszapolható rész %, kationcserélő kapacitás, elemösszetétel) meghatározása a Hajdú megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomáson (Debrecen) történt. A szennyvíziszap komposzt- és talajminták „összes” makro- és mikroelem-tartalmát cc. HNO_3 - cc. H_2O_2 3:1 (v/v) arányú elegyével történő feltárás után plazmaemissziós spektrometria (ICP-AES, Labtam 8840M

típus) technika alkalmazásával határoztuk meg a DATE Műszerközpontjában Debrecenben.

A szennyvíziszap komposzt és a kísérleti parcellák talajának jellemzői

A nyíregyházi szennyvíziszap komposzt barnásfekete színű, közepesen homogenizálódott (el nem bomlott búzaszalmát is tartalmazó), enyhén iszapszagú, de nem bűzös, istállótrágyára emlékeztető szilárd halmazállapotú termék. Idegen anyagot (pl. műanyag, hajszál, üvegcserep, fém, gyommag) és patogén mikroorganizmusokat számottevő mértékben nem tartalmaz. A megvizsgált szennyvíziszap komposzt térfogattömege eredeti nedvességtartalomra számítva $1,03 \text{ g/cm}^3$, légszáraz tömegre számítva $0,69 \text{ g/cm}^3$, szárazanyag-tartalma átlagosan 55–60 %, szervesanyag-tartalma 12,3 %, izzítási vesztesége 48,2 %. A szennyvíziszap komposzt minták kémhatása $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 6,11; $\text{pH}(\text{KCl})$ 5,95; hidrolitos aciditása 15,8; összes sótartalma 0,58 %; összes-N-tartalma 3,4 % sz. a.; $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ -N-tartalma 735 mg/kg, NH_4 -N-tartalma 60 mg/kg; szerves oldószer extrakt koncentrációja pedig 2450 mg/kg sz. a. volt. Az 1996-os kísérlethez felhasznált szennyvíziszap komposzt minták elemösszetétele („összes” makro- és mikroelem-tartalma) az alábbi volt: P 2,4 g/kg; K 2,1 g/kg; Ca 10,8 g/kg; Mg 2,6 g/kg; Cd 0,98 mg/kg; Cr 20,0 mg/kg; Cu 39,3 mg/kg; Hg 1,73 mg/kg; Mn 234 mg/kg; Ni 12,9 mg/kg; Pb 41,7 mg/kg; Zn 340 mg/kg. Az 1997-es kísérlet során alkalmazott szennyvíziszap komposzt az alábbi makro- és mikroelemeket tartalmazta: P 5,9 g/kg; K 2,4 g/kg; Ca 22,8 g/kg; Mg 4,0 g/kg; Cd 0,77 mg/kg; Cr 37,8 mg/kg; Cu 102 mg/kg; Hg 2,16 mg/kg; Mn 368 mg/kg; Ni 18,0 mg/kg; Pb 94 mg/kg; Zn 855 mg/kg.

A bemutatókerti kísérleti parcellák vályogos homok jellegű barna erdőtalajának néhány alaptulajdonsága a következő volt: $\text{pH}(\text{KCl})$ 6,6; leiszapolható rész (agyag+iszap) 16 %; humusz 1,3 %; kationcserélő kapacitás (T-érték): 18,1 me/100 g. A kísérleti parcellák talajának „összes” makro- és mikroelem-tartalma 1996-ban az alábbi volt: P 1,03 g/kg; K 3,7 g/kg; Ca 29,1 g/kg; Mg 5,4 g/kg; Cd 0,53 mg/kg; Cr 22,2 mg/kg; Cu 28,9 mg/kg; Hg 2,04 mg/kg; Mn 465 mg/kg; Ni 16,6 mg/kg; Pb 19,4 mg/kg; Zn 114 mg/kg. Az 1997-es kísérlet helyszínén a parcellák talaja az alábbi makro- és mikroelemeket tartalmazta: P 0,83 g/kg; K 3,5 g/kg; Ca 35,5 g/kg; Mg 7,3 g/kg; Cd < 0,05 mg/kg; Cr 15,2 mg/kg; Cu 25,7 mg/kg; Hg < 1,0 mg/kg; Mn 518 mg/kg; Ni 13,3 mg/kg; Pb 6,7 mg/kg; Zn 92 mg/kg.

Szabadföldi kísérlet beállítása szennyvíziszap komposztal

Az 1996. április–október és 1997. május–október időszakban ismétlés nélküli szabadföldi kísérletet végeztünk a nyíregyházi Mezőgazdasági Főiskola gyakorlókertjének két különböző helyszínén. A kísérleti parcellákat észak–dél irányban helyeztük el egymással párhuzamosan, hosszuk mindkét évben 10 m, szélességük 4 m, területük 40 m^2 volt. A parcellák, azaz az ismétlés nélküli ke-

zelések száma 1996-ban 3, 1997-ben 4 volt. Az egyes kezelések talajának felső 15–20 cm-es rétegébe véletlenszerű sorrendben 1996-ban 0, 1 és 4 kg/m² (0, 10 és 40 t/ha), 1997-ben pedig 0, 1, 2 és 4 kg/m² (0, 10, 20 és 40 t/ha) szennyvíziszap komposztot dolgoztunk be rotációs kapával. A szennyvíziszapot 1996-ban a kukoricamagvak elvetése előtt 2 héttel, 1997-ben pedig 1 héttel korábban juttattuk ki. A nedves állapotban kijuttatott szennyvíziszap komposzt szárazanyag-tartalma 1996-ban 61–66 %-os, 1997-ben 70 %-os volt, melyet 105 °C-on 2 órán át történő szárítással határoztunk meg. A szennyvíziszap kijuttatás után a 40 m²-es parcellák negyedelésével 4–4 db 10 m²-es alparcellát (belső ismétlést) alakítottunk ki kezelésként.

A kísérleti talaj egyik évben sem részesült nitrogén kiegészítésben (nitrogén-műtrágyázásban). A parcellák talaját mindkét évben egységesen 60 %-os káli-sóval (0,25 kg/m²) műtrágyáztuk meg a szennyvíziszap kijuttatásával egy időben.

Termesztéstechnikai körülmények

A fenti módon előkészített parcellák talajába május első dekádjában kukorica (*Zea mays* L., Kiskun 4190 TC fajta) teszt növényt vetettünk. A Kiskun Kereskedelmi és Nemesítő Kft. által előállított fajta igen korai érésű (FAO száma 260), magassága 220–250 cm, ezermagtömege 250–300 g, termésátlaga 6,6 t/ha. A kedvező cső-növény arány miatt szem és silótakarmány céljára egyaránt termesztendő.

A vetés paraméterei némileg különböztek a két kísérleti évben. A sortávolság az első évben 60 cm, a második évben 70 cm volt, a töltávolságot tekintve ez az érték 23 cm ill. 25 cm volt. Az alparcellánkénti növény számot kelés után mindkét esetben 50–60 növényegyedre állítottuk be, mely hektáronként 50000–60000 db-os tőszámnak felelt meg. A tenyészidő alatt 1996-ban 312,5 mm, 1997-ben 286 mm természetes csapadék hullott. 1996-ban a kedvezőtlen csapadékeloszlás (május 32 mm, június 4 mm, július 24 mm, augusztus 53 mm, szeptember 199,5 mm) miatt a kísérleti parcellákat májusban 3, júniusban 6, júliusban 4, augusztusban pedig 1 alkalommal öntöztük, alkalmanként 9–12 mm csapadékot kijuttatva. 1997-ben az elegendő természetes csapadék következtében öntözésre nem volt szükség. A kísérlet időtartama alatt a parcellák növényvédelmi permetezésben nem részesültek, gyomtalánításukat többszöri kapálással oldottuk meg.

Nitrogéntartalom-vizsgálatok

A növények N-tartalmának vizsgálatához a kísérlet során 3 alkalommal vettünk növény mintát az alparcellák átlós bejárásával. Valamennyi mintavételi időpontban alparcellánként 5–5 növényt, kezelésként összesen 20–20 növényt mintáztunk meg. Első alkalommal 1996. május 31-én mintáztuk a 4–6 levéllel rendelkező teljes növényt, föld alatti (gyökér) és föld feletti (hajtás)

részre osztva a mintákat. Második alkalommal 1996. július 12-én, címerhányáskor a címer alatti első teljesen kifejlett (általában felülről a 3. pozíciójú) leveleket gyűjtöttük be. A harmadik mintavétel betakarításkor (1996. október 1.) történt gyökér, szár, levél, torzsa, mag, csuhé, címer növényi szervekre bontva a mintákat. 1997-ben a mintavétel 4–6 leveles korban (1997. június 21.), címerhányáskor (1997. július 23.) és betakarításkor (1997. október 10.) történt az 1996-os évhez hasonló módon, azzal a különbséggel, hogy betakarításkor csak a magvakat mintáztuk meg.

A gyökérmintákat alapos csapvizes mosás után ötször öblítettük át desztillált vízzel. A leveleket a gyökerekhez hasonlóan desztillált vízzel öblítettük, a magvakat nem mostuk. Az azonos kezelésben részesült növéymintákat összekevertük, szárítás után (70 °C, 72 óra) megdaráltuk (< 1 mm), majd N-tartalmukat ebből az átlagmintából kezelésenként 3–3 bemérésből Kjeldahl-módszerrel, Kjelfoss-készülékkel mértük a DATE Műszerközpontjában (Debrecen).

Ökofiziológiai vizsgálatok

Ökofiziológiai méréseinket 4 hetes növényeken végeztük 4–6 leveles korban, 1996. június 5-én. A kukoricán végzett mérések szabadföldi körülmények között történtek fényteltettségi, $1700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fényintenzitáson és 30 °C-os levélhőmérséklet mellett. A nettó szén-dioxid-asszimilációt (A) infravörös gázanalizátorral (ADC LCA2 Hoddesdon, UK) nyílt rendszerben, állandó légköri CO₂-szinten (350 ppm) mértük. A mérőkamra típusa PCL-B volt. A transzspirációt (E) ugyanebben a mérőkamrában mértük a páratartalom változásával. A párhuzamosan mért nettó fotoszintézis és transzspiráció arányából számítottuk ki a fotoszintézis vízhasznosítási efficienciáját (hatásfokát) (WUE). A fényintenzitás mérésére LI-Cor 1858 spektrométert használtunk. A méréseket kezelésenként 4–4 alparcellán 3–3 növényen végeztük el.

Szárazanyag-akkumuláció és -hozam vizsgálatok

A kukorica szerveinek szárazanyag-akkumulációját betakarításkor értékeltük. Betakarításkor, 1996. október 3-án mértük az alparcellánkénti nedves cső-hozamot. Ezután az alparcellák átlós bejárásával 10–10 kukoricánövényt (kezelésenként 40–40 növényt, összesen 120 db) ástunk ki, majd gyökér, szár, levél, cső, csuhé, címer növényi szervekre bontottuk a mintákat. A gyökérmintákat alapos csapvizes mosás után ötször váltott desztillált vízzel öblítettük, a többi növényi részt nem mostuk. A növéyminták szárazanyag-tartalmát 70 °C-on 24–72 órán át történő szárítás után határoztuk meg.

1997. október 10-én betakarításkor összesen 15–15 kukoricacsövet gyűjtöttünk be az azonos kezelésben részesült alparcellákról a csőtömeg és ezermagtömeg meghatározásához. A csövek tömegét szárítás után (70 °C, 24 óra) mértük, és ezekből a kukoricacsövekből határoztuk meg az ezermagtömeget keze-

lésenként 4 ismétlésben. Ebben az évben is megmértük az alparcellánkénti nedves csőhozamot.

A kísérleti adatok feldolgozását MS Excel szoftver segítségével végeztük.

A kísérleti eredmények ismertetése és értékelése

Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica szerveinek nitrogéntartalmára

Korábbi tenyészedény-kísérleteinkben megállapítottuk, hogy a szennyvíziszap komposzt hatására több mint kétszeresére nőtt a tesztnövények, köztük a kukorica levelének N-tartalma. Kukoricával végzett szabadföldi kísérleteink során ez a hatás elsősorban a fiatal (4–6 leveles) növények gyökerében volt megfigyelhető. Az 1996-os kísérlet során 4–6 leveles korban a 40 t/ha dózissal kezelt parcellákon fejlődő növények gyökerében magasabb N-tartalmat mérünk, mint a kontrollnövényekben (1. táblázat). Ez a hatás a 10 t/ha dózissal ke-

I. táblázat

A szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica (*Zea mays* L., Kiskun 4190 TC fajta) N-tartalmára különböző fenofázisokban szabadföldi kísérletben (Nyíregyháza, 1996 és 1997)

(1) Növényi szerv	N %							
	(2) Kontroll		10 t/ha		20 t/ha		40 t/ha	
A. 4–6 leveles kor								
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
a) Gyökér	2,0	0,6	1,9	-	-	0,7	2,7	1,4
b) Hajtás	3,8	2,2	3,7	-	-	2,3	4,0	2,3
B. Címerhányás								
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
c) Levél	2,8	1,6	2,7	-	-	1,6	2,9	1,6
C. Betakarítás, 1996								
a) Gyökér	1,2		1,0		-		1,1	
d) Szár	0,9		0,9		-		0,7	
c) Levél	1,7		1,9		-		1,7	
e) Csuhé	0,5		0,5		-		0,5	
f) Mag	1,9		2,0		-		2,0	
g) Torzsa	0,6		0,4		-		0,5	
h) Címer	1,5		1,5		-		1,4	
D. Betakarítás, 1997								
f) Mag	1,0		-		1,0		1,0	

A mérési adatok 3–3 ismétlés átlagai kezelésenként

zelt parcellákon elmaradt és a hajtásban sem jelentkezett. Az 1996-os eredményeket igazolták az 1997-ben végzett kísérlet tapasztalatai is; a szennyvíziszap komposzt 40 t/ha-os dózisa hatására nőtt a 4–6 leveles tesztnövények gyökerének N-tartalma a kontrollhoz viszonyítva (1. táblázat). Címerhányáskor a levélben, betakarításkor a magban valamennyi kultúra N-tartalma gyakorlatilag azonos volt (1. táblázat). 1996-ban betakarításkor valamennyi növényi szerv N-tartalmát megvizsgáltuk. A növényi szervek N-tartalma gyakorlatilag nem változott meg (1. táblázat).

A 4–6 leveles fiatal növények által felvett N-többlet feltételezhetően a szennyvíziszap komposztból származott. A későbbi fejlődési stádiumokban a kezelt kultúrák nagyobb biomasszát képeztek (ld. lenn), és feltételezhetően e „hígító” hatás következtében a legtöbb növényi szerv fajlagos N-tartalma már nem volt magasabb a kontrollénál, vagy pedig a szennyvíziszap komposzt a későbbi fejlődési stádiumokban már nem biztosított többlet-N-t a növények számára. A N-felvétel dinamikájának vizsgálata a tenyészedő során további vizsgálatokat igényel.

Ökofiziológiai vizsgálatok eredményei

A szennyvíziszap komposzt kezelés hatását a kukorica ökofiziológiai paramétereire szabadföldi kispárcellás körülmények között a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

Szennyvíziszap komposzt hatása a 4–6 leveles kukorica (*Zea mays* L., Kiskun 4190 TC fajta) levelének nettó fotoszintézisére (PN), transzspirációjára (E), sztomatikus konduktanciájára (Gs) és vízhasznosítási efficienciájára (WUE) szabadföldi kísérletben (Nyíregyháza, 1996)

(1) Alpar- cella száma	PN $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$			E $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$			Gs $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$			WUE $\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$		
	Ø	10 t/ha	40 t/ha	Ø	10 t/ha	40 t/ha	Ø	10 t/ha	40 t/ha	Ø	10 t/ha	40 t/ha
	(2) szennyvíziszap komposzt kezelésben											
1.	12,6	19,2	12,2	7,6	6,2	8,2	258	223	292	1,7	3,0	1,5
2.	13,3	16,9	15,1	7,8	7,2	8,5	279	283	306	1,7	2,3	1,8
3.	11,9	16,4	15,9	8,4	7,3	7,8	328	266	261	1,4	2,3	2,1
4.	11,6	14,9	16,4	7,1	7,3	8,0	217	241	285	1,6	2,0	2,0
a) Átlag (szórás)	12,4 (0,8)	16,9 (1,8)	14,9 (1,9)	7,7 (0,5)	7,0 (0,5)	8,1 (0,3)	271 (46)	253 (27)	286 (19)	1,6 (0,1)	2,4 (0,4)	1,9 (0,3)

A méréseket kezelésenként 4–4 alparcellán 3–3 növényen végeztük

Eredményeink megerősítik az 1995-ben tenyészedényes körülmények között mért megfigyeléseinket. A két vizsgálat eredményei alapján feltehető, hogy a szennyvíziszap komposzt kisebb dózisa hatott kedvezőbben a kukorica asszimilációjára. A kisdózisú kezelés mellett a nettó fotoszintézis értéke közel $17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ volt és még a nagydózisú kezelés mellett is megközelítette a $15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ értéket a kontroll ($12 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) értékkel szemben. A kis dózis alkalmazását indokolja továbbá a transzspiráció ($7 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), valamint a vízgőzre vonatkoztatott sztomatikus konduktancia alacsonyabb szintje. Az ugyanis igen kedvező vízhasznosítási efficienciát eredményez, ami a szárazság-stresszhez való alkalmazkodás nagy mértékét jelzi. A négy alparcella esetleges különbözőségei a fotoszintézis és vízgazdálkodási paraméterek alakulásában alig okoztak mérhető különbséget, a négy parcellán mért eredményeket átlagolva a szórás viszonylag alacsony volt.

A szennyvíziszap komposzt hatására kialakult nagyobb fotoszintézis összefüggésbe hozható a fiatal növények jobb N- és makroelem-ellátottságával, illetve a jobb N- és makroelem-ellátottság hatására a levelekben kialakult magasabb klorofill-koncentrációval (ld. tenyészedény-kísérletek). Mindez előnyösen hathat a kukorica szárazanyag-termelésére és -hozamára (ld. lenn).

Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica szárazanyag-akkumulációjára

Az 1996-ban végzett kísérlet során a kukorica különböző szerveinek szárazanyag-akkumulációját a tenézszezonzárk végén mértük (3. táblázat). A szennyvíziszap komposzt 10 t/ha -os dózisa 10% -kal, a 40 t/ha -os dózis pedig 5% -kal növelte meg a betakarított növények össztömegét. Hasonló tendenciát figyeltünk meg az egyes növényi szervek szárazanyag-akkumulációjának értékelésekor is.

3. táblázat

Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica (*Zea mays* L., Kiskun 4190 TC fajta) növényi szerveinek szárazanyag-akkumulációjára (g/növény) betakarításkor szabadföldi kísérletben (Nyíregyháza, 1996)

(1) Növényi szerv	Kontroll	10 t/ha kezelés	40 t/ha kezelés
a) Gyökér	14,3	17,3	17,4
b) Szár	50,6	59,4	54,7
c) Levél	32,1	33,3	30,4
d) Csuhe	12,8	17,2	15,3
e) Cső	152	161	157
f) Címer	1,9	2,2	2,0
g) Összesen	263	290	277
h) Relatív %	100	110	105

A mérési adatok 40–40 db növény adatainak átlagai kezelésenként

A 4. táblázat a szennyvíziszap komposzt hatását szemlélteti az 1997-ben betakarított kukoricacsövek száraz tömegére és ezermagtömegére. A talajba jutott kisebb dózis (20 t/ha szennyvíziszap komposzt) előnyösebben hatott a fenti paraméterekre, a nagyobb (40 t/ha-os) dózis hatására ezek a mutatók csökkentek.

4. táblázat

Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica (*Zea mays* L., Kiskun 4190 TC fajta) csőtömegére és ezermagtömegére szabadföldi kísérletben (Nyíregyháza, 1997)

(1) Kezelés	(2) Csőtömeg, g	(3) Relatív %	(4) Ezermag- tömeg, g	(3) Relatív %
Kontroll	164	100	271	100
20 t/ha	178	108	289	107
40 t/ha	144	88	247	91

A csőtömeg adatok 15 ismételés, az ezermagtömeg adatok 4 ismételés átlagai kezelésenként

A fenti adatokat együtt értékelve megállapíthatjuk, hogy a viszonylag nagy mennyiségben (40 t/ha) kijuttatott szennyvíziszap komposzt sem okozott jelentős csökkenést a csőtömegben és az ezermagtömegben, illetve nem befolyásolta negatívan a növényi szervek szárazanyag-akkumulációját.

Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica hozamára

A nyíregyházi szennyvíziszap komposztnak a kukorica tesztnövény csőhozamára gyakorolt hatását az 5. táblázat szemlélteti. Az 1996. évi kísérlet során azt tapasztaltuk, hogy a 10 t/ha dózis 14 %-kal, míg a 40 t/ha dózis 4 %-kal növelte meg trendjében a kukorica hozamát. Az 1997-es kísérlet adatai alapján megállapítottuk, hogy a 20 t/ha-os szennyvíziszap komposzt dózis 68 %-kal növelte a kukorica csőhozamát a kontrollhoz képest. Ezzel ellentétben a 40 t/ha-os kezelés hatására kialakult termésátlag már enyhe csökkenést mutatott.

Az 1997-ben 10 t/ha szennyvíziszap komposzttal kezelt parcellák növényei nem nyújtottak értékelhető eredményeket. Az ezeken a parcellákon termesztett kukorica fejlődése – valószínűleg a bemutatókertben korábban kialakult káros mértékű talajtömörödés következtében – jelentősen elmaradt a többi növényhez képest, így az itt mért adatokat az értékelésből kizártuk.

5. táblázat

Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica (*Zea mays* L., Kiskun 4190 TC fajta) csőhozamára szabadföldi kísérletben (Nyíregyháza, 1996 és 1997)

(1) Kezelés	(2) Csőhozam (kg/alparcella)				(3) Átlag	(4) Szórás	(5) Relatív %
	1. alpar- cella	2. alpar- cella	3. alpar- cella	4. alpar- cella			
1996							
Kontroll	9,5	12,5	9,0	7,5	9,6	2,1	100
10 t/ha	9,5	10,5	11,0	12,5	10,9	1,3	114
40 t/ha	7,5	11,5	11,0	10,0	10,0	1,8	104
1997							
Kontroll	3,0	3,2	4,8	3,7	3,7	0,8	100
20 t/ha	4,1	6,4	6,8	7,5	6,2	1,5	168
40 t/ha	2,5	3,4	4,4	3,5	3,5	0,8	95

Összefoglalás

Szabadföldi előkísérletben tanulmányoztuk a nyíregyházi kommunális szennyvíziszap komposzt kukoricára gyakorolt hatását. A gyengén savanyú vályogos homok jellegű barna erdőtalajba két különböző helyszínen 1996-ban 0, 10 és 40 t/ha, 1997-ben pedig 0, 10, 20 és 40 t/ha nedves szennyvíziszap komposztot dolgoztunk be a vetést megelőzően.

A kukorica egyes szerveinek N-tartalmát tanulmányozva megállapítottuk, hogy a fenti kezelések hatására megemelkedett a fiatal 4–6 leveles növények gyökerének N-koncentrációja. Ez a hatás a későbbi fejlődési stádiumokban (címerhányás, betakarítás) már nem jelentkezett.

Az ökofiziológiai paraméterek változását tanulmányozva megállapítottuk, hogy a szennyvíziszap komposzttal (10 vagy 40 t/ha) kezelt kultúrákban megemelkedett a fiatal 4–6 leveles növények levelében a fotoszintézis sebessége, és javult a fotoszintézis során a vízhasznosítási efficencia is.

Az alacsony (10 t/ha-os) szennyvíziszap komposzt dózis hatására 1996-ban kissé megemelkedett a betakarított növények össz tömege és egyes szerveinek szárazanyag-akkumulációja. Az 1997. évi kísérlet során a 20 t/ha-os szennyvíziszap komposzt dózis 68 %-kal növelte meg a betakarított csőhozamot. Az alacsony (10 t/ha), illetve a magas (40 t/ha) szennyvíziszap-kijuttatás nem gyakorolt ilyen markáns hatást a kukorica hozamára. Ez utóbbi jelenség a szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági elhelyezését illetően előnyösnek tekinthető, mivel a 40 t/ha-os egyszeri kijuttatás nem veszélyeztette a talaj termékenységét.

A nyíregyházi szennyvíziszap komposzt kukoricára gyakorolt hatásának további vizsgálatához több ismétléses tartamkísérlet beállítása lenne kívánatos a jövőben.

A fenti munka az OTKA (F 016906 és T 18595 tudományos program) támogatásával jött létre. Köszönet a Nyírségvíz Rt. támogatásáért.

Irodalom

- ABDEL-SABOUR, M. F. A., 1997. Fate of heavy metals in sewage sludge amended sandy soils. *Egypt. J. Soil Sci.* **37**. 125–140.
- BERNAL, M. P. et al., 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil. Biol. Biochem.* **30**. 305–313.
- BERTI, W. R. & JACOBS, L. W., 1996. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge application. *J. Environ. Qual.* **25**. 1025–1032.
- CARTON, J. M. & WEIL, R. R., 1998. Seasonal trends in soil nitrogen from injected or surface-incorporated sewage sludge applied to corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **29**. 121–139.
- GARDNER, G., 1998. A szerves hulladék újrahasznosítása. In: *A világ helyzete*. 110–128. Föld Napja Alapítvány. Budapest.
- HATÁLYÁK Z. & SZALAI GY., 1994. Mezőgazdasági hasznosítású területen elhelyezett települési szennyvíziszap tartamhatás vizsgálatának eredményei. *Hidrológiai Közöny.* **73**. 67–74.
- HERNÁNDES, T., MORENO, J. I. & COSTA, F., 1991. Influence of sewage sludge application on crop yields and heavy metal availability. *Soil Sci. Plant Nutr.* **37**. 201–210.
- JUSTE, C. & MENCH, M., 1992. Long term application of sewage sludge and its effect on metal uptake by crops. In: *Biogeochemistry of Trace Metals*. (Ed.: ADRIANO, D. C.) 159–193. Lewis Publishers. Boca Raton.
- PAP J. & PAPNÉ KRÁNTZ E., 1997. A település eredetű szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezésének másfél évtizedes tapasztalatai. *Vízügyi Panoráma*, 1997. I. kötet. 11–14.
- SIMON L., 1994. Komposztált szennyvíziszap tápelemszolgáltató képességének és nehézfém-szennyezettségének mérése mezőgazdasági indikátor növényen. Tanulmány. (Kézirat).
- SIMON L., 1995. Komposztált szennyvíziszap hatása mezőgazdasági haszonnövények tápelemfelvételére és nehézfém-akkumulációjára. Kutatási jelentés. (Kézirat).
- SIMON L., 1996. Szennyvíziszap komposztálás és hasznosítás Nyíregyházán, az I. sz. szennyvíztelepen. 2. rész: Komposztált szennyvíziszap hatása mezőgazdasági haszonnövények tápelemfelvételére és nehézfém-akkumulációjára. In: *Magyar Hidrológiai Társaság, XIV. Országos Vándorgyűlés, Sopron 1996 május. Pro Aqua konferencia-kiadvány* (Szerk.: DUDINSZKY L-NÉ) II. kötet. 829–847.
- SIMON L., 1997. Szennyvíziszap komposzt hatásának vizsgálata kukorica teszt-növényen. Kutatási jelentés. (Kézirat).
- SIMON, L., PROKISCH, J. & KOVÁCS, B., 1997. Chicory (*Cichorium intybus* L.) as bio-indicator of heavy metal contamination. In: *Contaminated Soils: 3rd International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, Paris, May 15–19, 1995. (Ed.: PROST, R.). INRA Editions, Paris, France.

- SIMON L. et al., 1994. Bioindication of heavy metals in composted sewage sludge with chicory (*Cichorium intybus* L.). In: Proc. 6th International Trace Element Symp., July 1994, Budapest. (Ed.: PAIS, I.) 339–342.
- SIMON, L. et al., 1996. Sewage sludge compost interaction with spring wheat (*Triticum aestivum* L.), spring barley (*Hordeum distichon* L.), and maize (*Zea mays* L.). Second International Congress of the European Society for Soil Conservation on Development and Implementation of Soil Conservation Strategies for Sustainable Land Use, September 1–7, 1996. Freising-Weihenstephan, Germany. Abstracts. 68.
- Szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezése. MI-08-1735–1990. Ágazati Műszaki Irányelv. MÉM. Budapest.
- TACHIMOTO, M., 1995. Studies on utilization of sewage sludge as a compost: decomposing process of sewage sludge in soil and its effects on plant growth. Bull. RIAR, Ishikawa Agr.Coll. 4. 60–74.
- VERMES L., 1998. Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- WEN, G., BATES, T. E. & VORONEY, R. P., 1995. Evaluation of nitrogen availability in irradiated sewage sludge, sludge compost and manure compost. J. Environ. Qual. 24. 527–534.

Érkezett: 1999. január 29.

Effect of Municipal Sewage Sludge Compost on the Nitrogen Concentration, Physiological Parameters and Yield of Maize (*Zea mays* L.)

L. SIMON and K. SZENTE

College of Agriculture, Faculty of the Gödöllő University of Agricultural Sciences, Nyíregyháza and University of Agricultural Sciences, Gödöllő (Hungary)

Summary

The effects of the application of municipal sewage sludge compost (produced aerobically with wheat straw in Nyíregyháza, Hungary) were studied in maize (*Zea mays* L., cv. Kiskun 4190 TC). Field experiments were set up in 1996 and 1997 without replications at two different sites in the demonstration nursery of the College of Agriculture in Nyíregyháza, Hungary. The slightly acidic, loamy-sand textured brown forest soil of the experimental plots was treated with 0, 10 or 40 t/ha (1996) and 0, 10, 20 or 40 t/ha (1997) of wet municipal sewage sludge compost before sowing.

The sewage sludge compost enhanced the nitrogen concentration in the roots of young maize plants with 4–6 leaves. In later growth stages (tasselling, harvesting) the nitrogen concentration was practically the same in all treatments. Sewage sludge compost application (10 t/ha or 40 t/ha) enhanced the rate of photosynthesis in the maize leaves and improved the water use efficiency of young plants with 4–6 leaves.

In 1997 20 t/ha sewage sludge compost increased the yield of maize by 68%. Even the highest (40 t/ha) dose had no detrimental effect on the maize yield.

Table 1. Effect of sewage sludge compost on the N content of maize (*Zea mays* L., cv. Kiskun 4190 TC) in various phenophases in a field experiment (Nyíregyháza, 1996 and 1997). (1) Plant organ. a) Root; b) shoot; c) leaf; d) stalk; e) husks; f) grain; g) cob; h) tassel. (2) Control. A. In the 4–6-leaf stage. B. At tasselling. C. At harvest, 1996. D. At harvest, 1997.

Table 2. Effect of sewage sludge compost on the net photosynthesis (PN), transpiration (E), stomatic conductance (Gs) and water use efficiency (WUE) in the leaves of maize (*Zea mays* L., cv. Kiskun 4190 TC) in the 4–6-leaf stage in a field experiment (Nyíregyháza, 1996). (1) Subplot No. a) Mean. (Standard deviation). (2) In the sewage sludge compost treatment. *Note:* Measurements were made on 3 plants from each of 4 subplots in each treatment.

Table 3. Effect of sewage sludge compost on the dry matter accumulation (g/plant) of the plant organs of maize (*Zea mays* L., cv. Kiskun 4190 TC) at harvest in a field experiment (Nyíregyháza, 1996). (1) (1) Plant organ. a) Root; b) shoot; c) leaf; d) husks; e) ear; f) tassel; g) total; h) relative %. *Note:* The measurements were the means of the values for 40 plants per treatment.

Table 4. Effect of sewage sludge compost on the ear mass and thousand kernel mass of maize (*Zea mays* L., cv. Kiskun 4190 TC) in a field experiment (Nyíregyháza, 1997). (1) Treatment. (2) Ear mass, g. (3) Relative %. (4) Thousand kernel mass, g.

Note: The ear mass data and the thousand kernel mass data were the means of 15 and 4 replications, respectively.

Table 5. Effect of sewage sludge compost on the ear yield of maize (*Zea mays* L., cv. Kiskun 4190 TC) in a field experiment (Nyíregyháza, 1996 and 1997). (1) Treatment. (2) Ear yield (kg/subplot). (3) Mean. (4) Standard deviation. (5) Relative %.